

ANALISA SEDIMENTASI DI MUARA KALI PORONG AKIBAT PEMBUANGAN LUMPUR LAPINDO MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT ASTER

Arizona Maulidiyan Pahlevi¹, Wiweka²

¹BAKOSURTANAL, Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong 16911

²LAPAN, Jl. Lapan 70 Jakarta 13710

ABSTRACT

Kali Porong is Lapindo mud vulcano disposal area, possibility that Lapindo mud vulcano flow caused sediment material in the area of Kali Porong estuary, which is located in the Madura strait. Therefore, necessary of research on sedimentation use remote sensing technology, with Aster satellite imagery as main data, Landsat7 and Landsat 5 satellite imagery as comparing data.

Image processing used Lemigas algoritma (1997), which is based on the Digital Number (DN) and Jing Li algoritma (2008), which is based on the reflectan values. It also sought land change and potential for sediment deposition, based on the results of image processing, tidal data, tidal currents, and bathimetric contours.

Results of this research are Lemigas algoritma have determination coefficient (R^2) of 0.605 against the field data, and Jing Li algoritma have determination coefficient (R^2) of 0.827 against the field data. Sedimentation distribution in Kali Porong estuary likely dynamic, influenced by seasonal factors, tidal and tidal currents, bathimetric contours, and source of materials sediment. Potential precipitation occurs in the sediments along sidoarjo-Pasuruan coast, especially in the Kali Ketingan Estuary and Kali Porong Estuary. The largest rate of Land change occurred in the year 2006 - 2007 with a rate 93.298 ha / year.

Keywords : Sedimentation, Lemigas Algoritma, Jing Li Algoritma, Land change

ABSTRAK

Kali Porong merupakan area pembuangan lumpur lapindo. Tidak menutup kemungkinan bahwa adanya aliran lumpur lapindo mengakibatkan material mengendap di daerah muara Kali Porong, yang berada di Selat Madura. Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai sedimentasi menggunakan teknologi penginderaan jauh, yaitu dengan data citra satelit ASTER tahun 2005 hingga 2008 sebagai data utama, citra satelit Landsat7 ETM+ tahun 2003 dan Landsat 5 TM tahun 1994 sebagai data pembanding.

Algoritma yang digunakan untuk pengolahan citra adalah algoritma Lemigas (1997) yang didasarkan pada Digital Number (DN) dan algoritma Jing Li (2008) yang didasarkan pada nilai reflektan. Selain itu juga dicari perubahan daratan serta potensi endapan sedimen berdasarkan hasil pengolahan citra, data pasang surut, data arus, dan kontur bathimetri.

Hasil penelitian ini adalah algoritma Lemigas mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.605 terhadap data lapangan, untuk algoritma Jing Li mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.827 terhadap data lapangan. persebaran sedimentasi di Muara Kali Porong cenderung dinamis, dengan dipengaruhi oleh faktor musim, pasang surut dan arus pasang surut, serta kontur bathimetri dan sumber material sedimen. Potensi pengendapan sedimen terbesar terjadi di hampir sepanjang pesisir sidoarjo-pasuruan, terutama di Muara Kali Ketingan dan Muara Kali Porong. Laju pertambahan daratan terbesar adalah tahun 2006-2007, dengan laju 93.298 Ha/tahun.

Kata Kunci: Sedimentasi, algoritma Lemigas, Algoritma Jing Li, Perubahan lahan

Diterima (received): 11-02-2010; disetujui untuk publikasi (Accepted): 20-10-2010

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kali Porong merupakan area pembuangan Lumpur Lapindo, demikian dilakukan untuk mencegah jebolnya tanggul akibat penuhnya tanggul Lumpur Lapindo. Pembuangan material lumpur dalam jumlah yang besar dan terus menerus mengakibatkan terjadinya sedimentasi di Kali Porong, tidak menutup kemungkinan bahwa adanya aliran lumpur lapindo mengakibatkan material lumpur tidak banyak mengendap di sepanjang kali, tetapi mengendap di daerah muara Kali Porong, yang berada di Selat Madura (Walhi Jatim, 2006). Sedimentasi tersebut akan berakibat pada perubahan garis pantai atau penambahan daratan di pesisir Surabaya-Sidoarjo yang selanjutnya mengakibatkan perubahan penggunaan lahan daerah tersebut, selain itu juga berpengaruh pada sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) di Selat Madura.

Oleh karena itu, perlu adanya suatu penelitian mengenai sedimentasi di muara Kali Porong, dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, yaitu dengan data citra satelit *ASTER* dan data citra satelit Landsat sebagai pembanding, sedangkan metode pengolahannya menggunakan algoritma berdasarkan nilai reflektansi yaitu Algoritma Jing Li (2008) dan sebagai pembanding yaitu algoritma berdasarkan nilai *Digital Number* (DN) yaitu algoritma Lemigas (1997). Penggunaan citra satelit *ASTER* tahun 2005 hingga 2008, citra satelit Landsat7 ETM+ tahun 2003, dan citra satelit Landsat 5 tahun 1994 adalah secara multitemporal untuk mengetahui seberapa besar sedimentasi daerah tersebut.

Perumusan Masalah

Bagaimana memperoleh informasi mengenai sedimentasi yang terjadi di muara Kali Porong, akibat pembuangan lumpur lapindo menggunakan data citra multitemporal dengan metode algoritma Jing Li yang berdasarkan nilai reflektansi, dan juga algoritma Lemigas berdasarkan nilai DN.

Batasan Permasalahan

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Wilayah studi adalah pesisir Sidoarjo-Pasuruan.
2. Pengolahan citra satelit menggunakan formula dari Jing Li (2008) dan formula dari Lemigas (1997) untuk mendapatkan nilai sedimennya.
3. Sedimen yang di ukur adalah sedimen melayang (*suspended sediment*).
4. Data arus yang dipakai adalah arus yang dibangkitkan oleh pasang surut dan kondisi hidro-oseanografi dianggap sama antara musim kemarau dan musim penghujan.
5. Hasil penelitian adalah peta sedimentasi, peta potensi sedimen, dan peta perubahan daratan di muara Kali Porong.

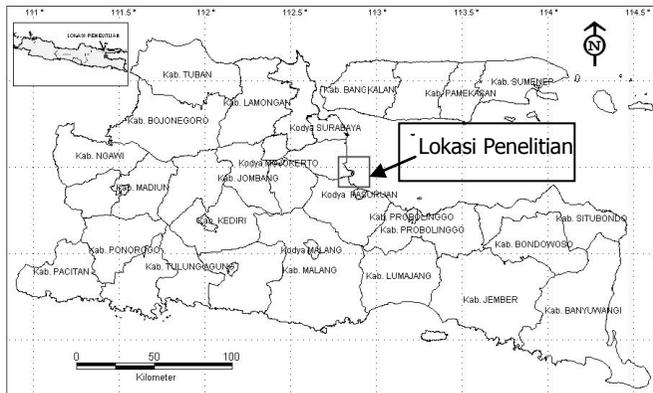
METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Kegiatan ini dilakukan di daerah muara kali porong (gambar 1), yang terletak di pesisir Kabupaten Sidoarjo, Kota Pasuruan dan Kabupaten Pasuruan. Lokasi penelitian terletak di beberapa desa (tabel 1), yaitu:

Tabel 1: Batas Administrasi Daerah Penelitian

Desa	Kecamatan	Kabupaten
Kalanganvar	Sedati	Sidoarjo
Sawahlan	Buduran	Sidoarjo
Kedung Peluk	Candi	Sidoarjo
Kedung Pandan	Jabon	Sidoarjo
Kalavar	Bangil	Pasuruan
Raci	Bangil	Pasuruan
Gerongan	Kraton	Pasuruan
Pulokerto	Kraton	Pasuruan
Semare	Kraton	Pasuruan
Kalireio	Kraton	Pasuruan
Gadingreio	Gadingreio	Kota Pasuruan
Karangketug	Gadingreio	Kota Pasuruan



Gambar 1: Peta petunjuk lokasi penelitian

Data

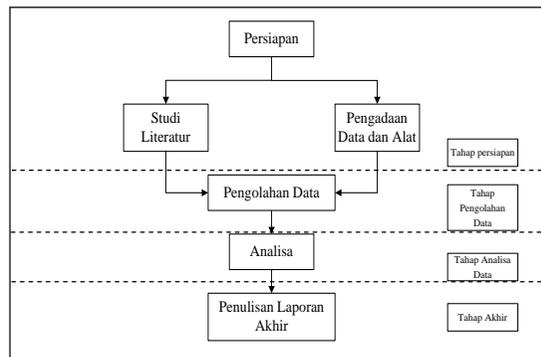
- a) Data utama adalah Data citra satelit ASTER level 1B tanggal 11 Maret 2005, 1 Juli 2006, 10 Februari 2007, dan 19 Mei 2008.
- b) Data Citra satelit Landsat5 TM tanggal 24 Juli 1994 dan data Citra satelit Landsat7 ETM+ tanggal 22 Mei 2003 level 1G.
- c) Citra Orthometrik Landsat7 ETM tanggal 17 Agustus 2000 yang telah bergeoreferensi yang digunakan sebagai acuan dalam koreksi geometrik.
- d) Peta Digital Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 1999 skala 1 : 25.000 terbitan BAKOSURTANAL yang digunakan sebagai data acuan pengambilan daerah penelitian.
- e) Data pasang surut perairan selat Madura, sesuai dengan tanggal akuisisi citra satelit.
- f) Data bathimetri perairan selat Madura, berdasarkan peta LPI tahun 2002 terbitan BAKOSURTANAL.
- g) Pola pergerakan arus pasut di Stasiun Surabaya 2005. Sumber PPK ITB dalam Suparka, E.

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a) Personal komputer (PC).
- b) Software Envi 4.2.
- c) Software ER Mapper 7.0.
- d) Software Matlab R2008a.
- e) Software ArcView 3.3.
- f) Software SPSS 13.
- g) Software MS.Word 2007.
- h) Software MS.Excell 2007.
- i) GPS Hand Held .
- j) Bottle Nensen.
- k) Perahu motor, kamera digital, alat tulis dan jam.

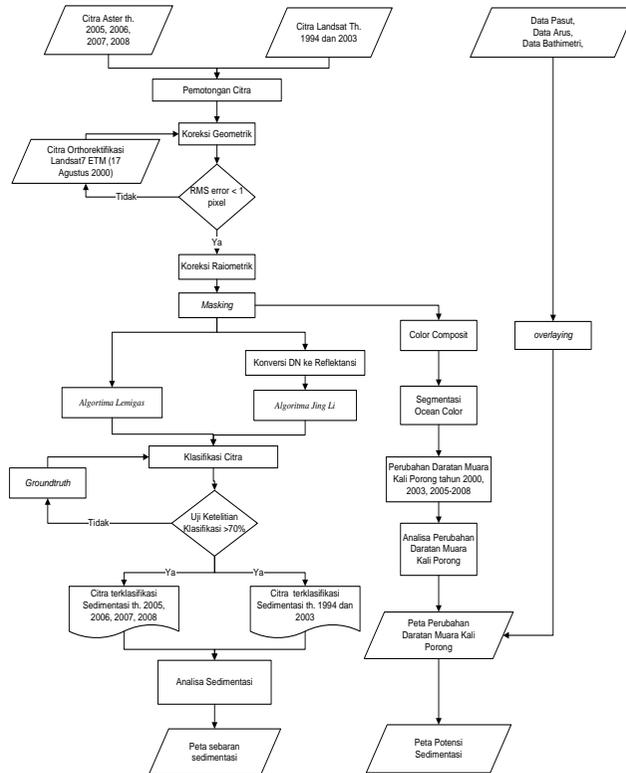
Diagram Alir Penelitian



Gambar 2: Diagram Alir Penelitian

Pengolahan Data

Diagram alir tahapan pengolahan disajikan pada gambar 3.



Gambar 3: Diagram Alir Pengolahan Citra

PENGOLAHAN CITRA

Penerapan Algoritma Jing Li (2008)

Formula Jing Li merupakan formula yang menggunakan *Multi* Band dalam perhitungannya, di dalam formula ini menggunakan pendekatan nilai reflektansi band 2 dan band 3, dari citra Landsat7 ETM+ dan untuk citra ASTER menggunakan nilai reflektansi band 1 dan band 2. Nilai *Suspended Sediment Concentration (SSC)*(Li et al.,2002; Han et al.,2006) berdasarkan model sebagai berikut:

$$X=[R_w(\lambda_{550})+R_w(\lambda_{670})]*[R_w(\lambda_{670})/R_w(\lambda_{550})] \quad (1)$$

(Han et al.,2006)

dimana, $R_w(\lambda_i)$ adalah nilai reflektansi dari endapan dengan satuan panjang gelombang

nm. Sehingga bisa diketahui bahwa $R_w(\lambda_{550})$ dan $R_w(\lambda_{670})$ jika ditambah menghasilkan SSC yang berkonsentrasi tinggi. Pada saat yang bersamaan $R_w(\lambda_{550})$ cocok untuk mendeteksi pantulan tinggi terhadap *chlorophyl*, sedangkan $R_w(\lambda_{670})$ digunakan untuk mendeteksi penyerapan tinggi terhadap *chlorophyl*. Sehingga $[R_w(\lambda_{670})/R_w(\lambda_{550})]$ dapat mereduksi gangguan *chlorophyl*. Jing Li mengusulkan formula sebagai berikut:

$$\text{Log}_{10} S \text{ (mg/l)} = 0.892 + 6.2244 * X \quad (R^2 = 0.9147, n = 21) \quad (2)$$

(Li, et al, 2008)

dimana S adalah nilai sedimen dan X adalah $[R_w(tm2) + R_w(tm3)] * [R_w(tm3) / R_w(tm2)]$ pada citra Landsat dan $[R_w(tm1) + R_w(tm2)] * [R_w(tm2) / R_w(tm1)]$ pada citra ASTER. Kemudian rumus tersebut diubah menjadi $s = 10^{(0.892 + 6.2244 * X)}$ Untuk formulasi menggunakan *software ER-Mapper 7.0* formula diatas di ubah menjadi:

$$\text{Pow}(10, (0.892 + (6.2244 * ((i1 + i2) * (i2 / i1)))))) \quad (3)$$

Dimana Pow (X,Y) merupakan X pangkat Y.

Penerapan Algoritma Lemigas (1997)

Algoritma Lemigas menggunakan metode lama dalam penentuan sedimen, yaitu dengan menggunakan nilai *Digital Number (DN)*, di dalam citra landsat menggunakan kombinasi Band 2 dan Band 3, sedangkan pada citra ASTER digunakan pendekatan Band yang mempunyai sifat dan panjang gelombang yang sama atau mendekati kedua Band tersebut, dari asumsi tersebut kombinasi Band yang dipakai citra ASTER adalah Band 1 dan Band 2. Formula Lemigas adalah sebagai berikut:

$$S \text{ (mg/l)} = 10.6678 + 0.55085b3 + 0.04563b3^2 + 0.009775b2b3 \quad (4)$$

(Lemigas, 1997)

Dimana s adalah nilai sedimen, pada landsat b3 merupakan band 3 dan b2 merupakan band 2, pada ASTER b3 merupakan band 2 dan b2 merupakan band 1. Supaya rumus tersebut bisa digunakan di dalam *software ER-Mapper 7.0*, maka diubah menjadi:

$$10.6678 + 0.55085 * i2 + 0.04563 * (i2 * i2) + 0.009775 * (i1 * i2) \quad (4)$$

Kedua algoritma yang digunakan sudah secara otomatis memberikan nilai prediksi sedimentasi berdasarkan kenampakan dan nilai piksel citra dalam mg/l.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Geometrik Citra

Hasil koreksi geometrik pada citra ASTER diperoleh nilai rata-rata RMS_{error} sebesar <0.2 , Pada Citra Landsat5 TM tanggal 24 Juli 1994 hasil koreksi geometrik diperoleh rata-rata nilai RMS_{error} sebesar 0,156 piksel, dengan nilai SoF sebesar 0,00033807. Sedangkan citra Landsat7 ETM+ diperoleh rata-rata nilai RMS_{error} sebesar 0.101 dan SoF sebesar 0,00011494.

Hasil RMS rata-rata citra mempunyai nilai RMS rata-rata kurang dari 1 pixel (Purwadhi, 2001) dan SoF mendekati nol (Abidin, 2000) sehingga dianggap memenuhi toleransi yang diberikan.

Uji Ketelitian Klasifikasi

Penelitian dengan menggunakan metoda dan data tertentu perlu dilakukan uji ketelitian, karena hasil uji ketelitian mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap hasil. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membuat *confusion matrix* (tabel 2). Matriks ini dibuat dari perhitungan pada setiap kelas dari hasil klasifikasi citra satelit.

Tabel 2: Confusion matrix

Data Klasifikasi	Referensi					Total Baris	UA (%)
	≤ 50 mg/l	50- ≤ 100 mg/l	100- ≤ 150 mg/l	150- ≤ 200 mg/l	> 200 mg/l		
≤ 50 mg/l	26	5	0	0	0	31	83.87
50- ≤ 100 mg/l	1	31	0	0	0	32	96.88
100- ≤ 150 mg/l	0	1	25	1	0	27	92.60
150- ≤ 200 mg/l	0	0	3	36	6	45	80
> 200 mg/l	0	0	0	5	40	45	88.88
Total Kolom	27	37	28	42	46	180	
PA (%)	96.30	83.78	89.29	85.71	86.96		
OA (%)	87.778						
Koefisien Kappa	0.878						

Dengan nilai *overall accuracy*, *producer accuracy* dan *user accuracy* serta koefisien kappa yang memenuhi toleransi, maka proses klasifikasi citra yang dilakukan sudah terkelaskan dengan benar.

Analisa Validasi Data dan Peta Sedimentasi

Untuk menguji kesesuaian antara nilai sedimen citra dari kedua algoritma dengan data lapangan, dilakukan validasi dengan analisa regresi linier sederhana (tabel 3.). Nilai sedimen citra diambil dari data citra Landsat5 tahun 1994, Landsat7 tahun 2003, dan ASTER tahun 2008 sedangkan data lapangan diambil tanggal 10 Juni 2009.

Persamaan regresi diatas dapat digunakan untuk menerangkan hubungan antara faktor sedimen lapangan dengan sedimen citra. Perubahan nilai sedimen citra dipengaruhi oleh perubahan nilai sedimen lapangan sebesar R^2 , sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain diluar faktor tersebut. Nilai koefisien determinasi paling tinggi adalah untuk citra ASTER 2008, dikarenakan perbedaan waktu antara pengambilan data lapangan dan citra lebih pendek dari kedua data citra lainnya.

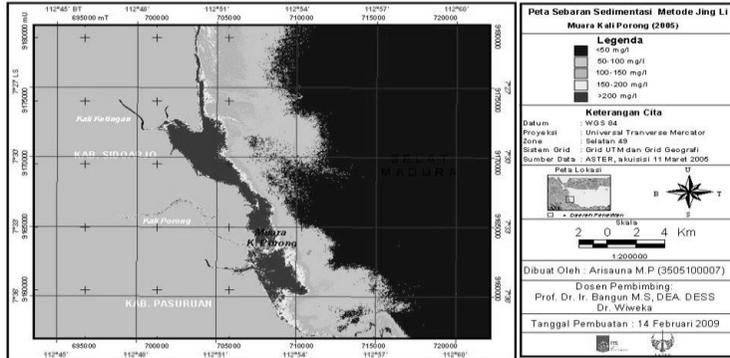
Model regresi tersebut dapat digunakan untuk memprediksi nilai sedimen dan diperlukan studi lebih lanjut untuk memperoleh akurasi yang lebih baik dengan sampel sedimen tersuspensi yang lebih banyak dan kesamaan waktu antara waktu pengambilan sampel dengan waktu perekaman data citra.

Tabel 3: Regresi Linier Citra

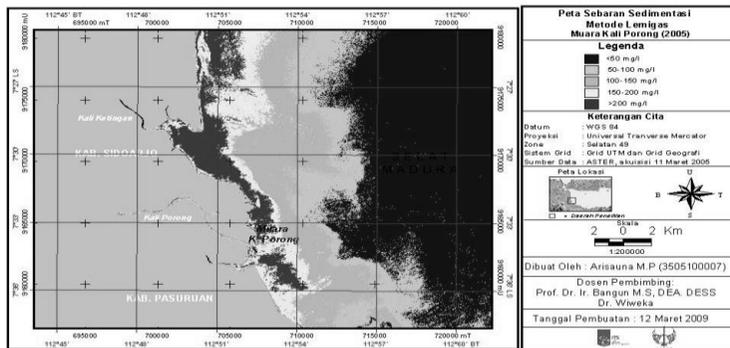
Citra	Algoritma	Persamaan Regresi	R^2
Landsat5 24/07/1994	Algoritma Jing Li	$Y = 0.231x+129.638$	0.614
	Algoritma Lemigas	$Y = 0.102x+44.719$	0.392
Landsat7 22/05/ 2003	Algoritma Jing Li	$Y = 0.448x+142.579$	0.739
	Algoritma Lemigas	$Y = 0.327x+144.022$	0.570
ASTER 19/05/2008	Algoritma Jing Li	$Y = 0.808 x+95.471$	0.799
	Algoritma Lemigas	$Y = 0.698x+160.387$	0.591

Analisa Hasil Algoritma Jing Li dan Lemigas

Contoh hasil estimasi sedimen menggunakan algoritma Jing Li dan Lemigas untuk waktu perekaman 11 Maret 2005 disajikan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4: Peta Sedimentasi (Algoritma Jing Li) Tahun 2005



Gambar 5: Peta sedimentasi (Algoritma Lemigas) Tahun 2005

Luasan yang didapatkan citra hasil estimasi menggunakan algoritma Jing Li dan Lemigas dijelaskan dalam tabel 4.

Tabel 4: Luasan Kelas Sedimentasi Tahun 2005

Kelas	Luasan Algoritma Jing Li	Luasan Algoritma Lemigas
≤ 50 mg/l	30396.516 Ha	21870.540 Ha
50- ≤ 100 mg/l	7604.437 Ha	7948.215 Ha
100- ≤ 150 mg/l	3115.201 Ha	8118.630 Ha
150- ≤ 200 mg/l	1107.804 Ha	4674.015 Ha
>200 mg/l	2096.289 Ha	3677.558 Ha

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 serta Tabel 4, citra ASTER Tahun 2005 terbagi menjadi lima kelas yaitu:

- Kelas ≤ 50 mg/l dengan sebaran sepanjang pesisir Sidoarjo-Pasuruan, dominan menuju kearah timur selat madura.
- Kelas $50-\leq 100$ mg/l dengan sebaran sepanjang pesisir Sidoarjo-Pasuruan.
- Kelas $100-\leq 150$ mg/l dengan sebaran sepanjang pesisir Sidoarjo-Pasuruan.
- Kelas $150-\leq 200$ mg/l sebaran kelas ini merata di sepanjang pesisir Sidoarjo-Pasuruan.
- Kelas >200 mg/l dengan sebaran pesisir pantai sidoarjo, Muara Kali Ketingan, dan Muara Kali Porong.

Hasil algoritma Jing Li dan Lemigas untuk tahun 1994 sampai 2008 dapat dilihat dalam lampiran 2 dan 3. Pada tahun 1994 kelas sedimen $150-\leq 200$ mg/l dan >200 mg/l tidak terkelaskan, karena kisaran nilai maksimal algoritma lemigas adalah 117.8843 mg/l, sehingga tidak mencapai kelas $150-\leq 200$ mg/l dan >200 mg/l. demikian juga untuk tahun 2003, kelas sedimen >200 mg/l tidak terkelaskan, karena kisaran nilai maksimal algoritma lemigas adalah 165.8971 mg/l.

Hasil klasifikasi berdasarkan algoritma Jing Li mempunyai luasan yang berbeda dengan hasil klasifikasi menggunakan algoritma Lemigas. Walaupun mempunyai luasan yang berbeda, namun pola persebaran sedimen antar kedua algoritma relatif mirip.

Analisa Sebaran Sedimen

Berdasarkan hasil klasifikasi citra ASTER, Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ (dapat dilihat dalam Lampiran 2) luasan sedimen pada setiap tahun memiliki luasan yang dinamis di setiap kelasnya. (dapat dilihat dalam Lampiran 3). Hasil klasifikasi berdasarkan algoritma Jing Li mempunyai luasan yang berbeda dengan hasil klasifikasi menggunakan algoritma Lemigas, penyebabnya adalah perbedaan metode pengolahan citra. Dinamisnya luasan dan sebaran sedimen di setiap kelas disebabkan karena banyak faktor. Faktor-faktor penyebabnya antara lain:

a) Musim

Waktu perekaman data citra mempunyai waktu perekaman yang berbeda. Perekaman waktu yang berbeda berpengaruh pada berbedanya musim (*season*) yang terjadi di pesisir Sidoarjo-Pasuruan. Berdasarkan data BMG stasiun Tanjung Perak musim timur (kemarau) terjadi dominan pada bulan Mei hingga Oktober, sedangkan musim penghujan dominan terjadi pada bulan Nopember – Maret. Pancaroba terjadi sekitar bulan April dan Desember. Pada saat musim timur pergerakan lumpur ini cenderung diendapkan ke arah utara oleh dinamika arus dari arah tenggara Kali Porong (Pasuruan). Pada musim barat cenderung tenang, dan sedimen di endapkan di daerah muara.

b) Pasang surut

Pasang surut juga mempengaruhi sebaran sedimen. Jika kondisi pasang maka distribusi air akan terjadi dari laut menuju sungai sehingga distribusi sedimen tersuspensi juga mengalir dari laut menuju sungai, sedangkan jika kondisi surut maka akan terjadi aliran air dari sungai ke laut, sehingga material-material dan sedimen tersuspensi juga akan mengalir dari sungai menuju laut.

c) Arus pasang surut

Arus pasang surut mempengaruhi persebaran sedimen, jika arus kuat maka sedimen tersuspensi akan bergerak mengikuti arus, namun jika arus lemah maka sedimen tersuspensi cenderung diendapkan.

d) Kontur bathimetri

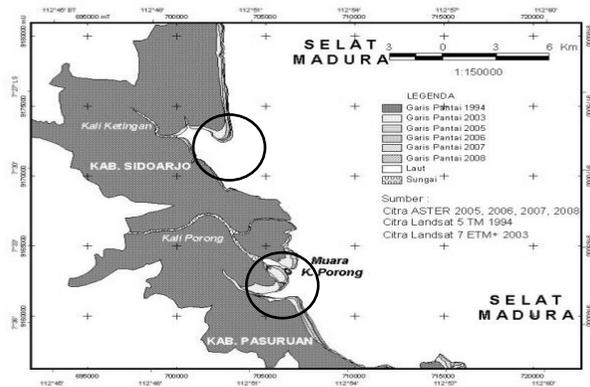
Kecenderungan penyebaran sedimentasi dari kelas tertinggi sampai kelas terendah, menyebar berdasarkan kontur kelerengan perairan Selat Madura, yaitu kondisi perairannya mempunyai bentuk fisiografi yang landai, dengan dicirikan mulai dari kedalaman 10 m, 20 m, 30 m menerus ke arah timur hingga mencapai kedalaman 90 m, (Salahudin, 2006). Sehingga sedimentasi kelas tinggi cenderung mengumpul pada daerah yang mempunyai wilayah bathimetri yang dangkal.

e) Sumber material sedimen

Sumber material sedimen di pesisir disebabkan karena pesisir Sidoarjo-Pasuruan banyak terdapat muara sungai yang memiliki debit sungai relatif tinggi (500 – 1100 m³/detik). Ditambah sejak tahun 2006 terjadi limpahan sedimen berasal dari bencana lumpur lapindo yang dialirkan ke selat Madura melalui Kali Porong. Hal ini bisa dilihat perbedaan antara citra akuisisi sebelum terjadinya bencana lumpur lapindo, konsentrasi sedimen suspensi Kali Porong dan Kali Ketingan berada pada kelas sedang yaitu antara 50 – 100 mg/l. Pada citra akuisisi setelah bencana lumpur lapindo berada dalam kelas 100 – 150 mg/l, sedangkan setelah pembuangan lumpur ke Selat Madura melalui Kali Porong (2007-2008), konsentrasi sedimentasi Kali Porong meningkat berada pada kelas tinggi yaitu >200 mg/l.

Analisa Perubahan Daratan di Muara Kali Porong

Perubahan daratan di muara Kali Porong dapat dilihat pada gambar 6 dan tabel 5.



Gambar 6: Perubahan Daratan di Muara Kali porong

Tabel 5: Perubahan dan laju perubahan daratan

No.	Tahun	Pertambahan (Ha)	Laju (Ha/Tahun)
1	1994 – 2003	644.322	71.591
2	2003 – 2005	97.988	48.994
3	2005 – 2006	45.421	45.421
4	2006 – 2007	93.298	93.298
5	2007 – 2008	36.634	36.634

Perubahan daratan terbesar adalah tahun 2006-2007, sebaran perubahan daratan terbesar di Muara Kali Ketingan dan Muara Kali Porong. penambahan garis pantai mencapai 0 – 111 meter. Terdapat dangkalan di Muara Kali Porong seluas 6 Ha, dan tahun 2008 meluas mencapai 11 Ha.

Perubahan daratan di pesisir Sidoarjo-Pasuruan, secara umum disebabkan oleh kegiatan di hulu sungai seperti penebangan hutan pacet, hutan gondang, dan hutan wonosalam yang sering mengakibatkan longsor dan banjir bandang di daerah Trawas-Mojokerto (Desember 2002 dan Februari 2004).

Kegiatan di hilir sungai juga mempengaruhi banyaknya material yang diendapkan di muara, seperti banyaknya penambangan liar di daerah yang dilarang pemerintah, penambangan pasir ini banyak terjadi di Jabon-Sidoarjo. Pada bulan Oktober 2006, luapan lumpur lapindo di alirkan ke Selat Madura melalui Kali Porong, sehingga pada bulan September 2007 banyak terdapat gosong di Kali Porong, dan penumpukan sedimen di Muara Kali Porong setebal 0,024 meter/jam (DKP, 2007).

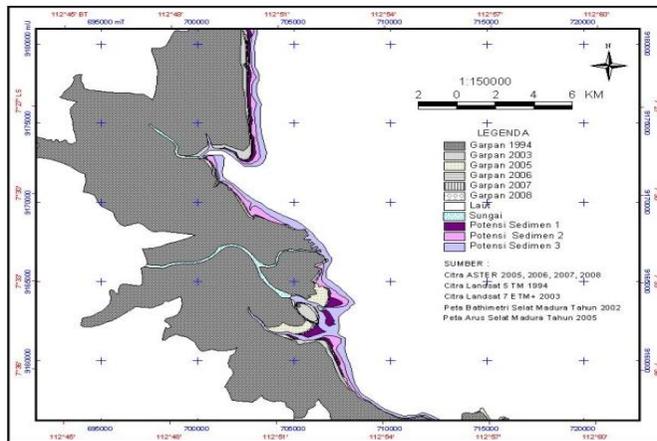
Selain kegiatan di hilir dan hulu sungai, kegiatan di pesisir pantai dan kondisi hidro-oseanografi juga mempengaruhi, seperti jika musim kemarau arus membawa material sedimen kearah utara, sehingga mengakibatkan banyak sedimen mengendap di Muara Kali Ketingan.

Potensi sedimentasi dilakukan dengan menampilkan citra tahun 1994, 2003, 2005, 2006, 2007, dan 2008, juga data sekunder yaitu peta bathimetri dan peta arus, didapatkan peta potensi sedimentasi seperti pada gambar 7.

Berdasarkan Gambar 7, potensi sedimentasi terbagi menjadi tiga kelas. Potensi sedimentasi 1 merupakan potensi yang paling mungkin terjadi pengendapan sedimen dan memungkinkan terjadinya daratan baru. Hal ini didasarkan pada:

- Limpahan sedimen yang tinggi baik dari material yang dibawa kelaut oleh sungai yang mengalir ke Selat Madura, maupun material berasal dari erosi pantai daerah lain.

- Juga didasarkan pada kontur bathimetri yang dangkal, daerah potensi sedimentasi 1 berada pada kontur bathimetri antara kontur 0 – kontur 2.
- Arus pasang surut pada daerah potensi sedimentasi 1 berkisar antara 0 – 0.1 m/det.
- Daerah potensi sedimentasi 1 mengikuti pola perubahan daratan dari tahun 1994 – 2008.



Gambar 7. Peta Potensi Sedimentasi

Potensi Sedimentasi 2 merupakan potensi kedua setelah potensi sedimentasi 1. Hal ini didasarkan pada letak potensi sedimentasi 2 lebih jauh dari daratan, sehingga sedimen tersuspensi akan sulit mengendap. Selain itu kontur bathimetrinya pun berada pada kontur 2 dan arus pasang surutnya antara 0.1 – 0.5 m/det. Sedangkan potensi sedimentasi 3 merupakan potensi terakhir yang memungkinkan terjadinya pengendapan sedimentasi.

KESIMPULAN

Nilai *RMSerror* rata-rata citra ASTER adalah <0.2 . Untuk nilai *RMSerror* rata-rata citra Landsat5 TM 24 Juli 1994 adalah sebesar 0.156 dengan nilai SoF sebesar 0,00033807 dan citra Landsat7 ETM+ 22 Mei 2003 adalah sebesar 0.101 dengan nilai SoF sebesar 0.00011494.

Uji statistik citra hasil klasifikasi, didapatkan nilai *overall accuracy* sebesar 87.778 %, *producer accuracy* dan *user accuracy* hampir seluruh kelas memenuhi toleransi serta koefisien kappa sebesar 0.878, sehingga proses klasifikasi citra sudah terkelaskan dengan benar.

Hasil pengujian kedua algoritma yang digunakan untuk menghitung sedimentasi dijelaskan dengan memakai analisa regresi linear antara hasil algoritma pada citra dengan data lapangan. Hasilnya koefisien determinasi paling baik adalah pada tahun 2008. Dengan algoritma Jing Li memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.827 terhadap data lapangan dan algoritma Lemigas, memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.605 terhadap data lapangan.

Berdasarkan data citra ASTER 2005 – 2008, Landsat5 TM 1994, dan Landsat7 ETM+ 2003 Persebaran sedimen di muara kali porong bersifat dinamis. Dipengaruhi oleh faktor musim, pasang surut air laut, arus pasang surut, kontur bathimetri, dan sumber material sedimen.

Terdapat lonjakan konsentrasi sedimen di Kali Porong, untuk tahun 1994 – 2005 konsentrasi sedimen berada dalam kelas 50 – 100 mg/l, pada tahun 2006 berada dalam kelas 100-150 mg/l, sedangkan pada tahun 2007 – 2008 berada dalam kelas >200 mg/l.

Perubahan daratan di Pesisir Sidoarjo-Pasuruan, Khususnya Muara Kali Porong mengalami pertambahan daratan setiap tahunnya, dan laju pertambahan daratan tertinggi adalah tahun 2006 – 2007 sebesar 93.298 Ha.

SARAN

Perlu adanya penelitian lanjut tentang studi mengenai sedimentasi dengan menggunakan metode-metode yang berbeda, bila perlu membuat suatu metode yang paling cocok diterapkan pada daerah Muara Kali Porong khususnya, dan daerah pesisir Sidoarjo-Pasuruan umumnya.

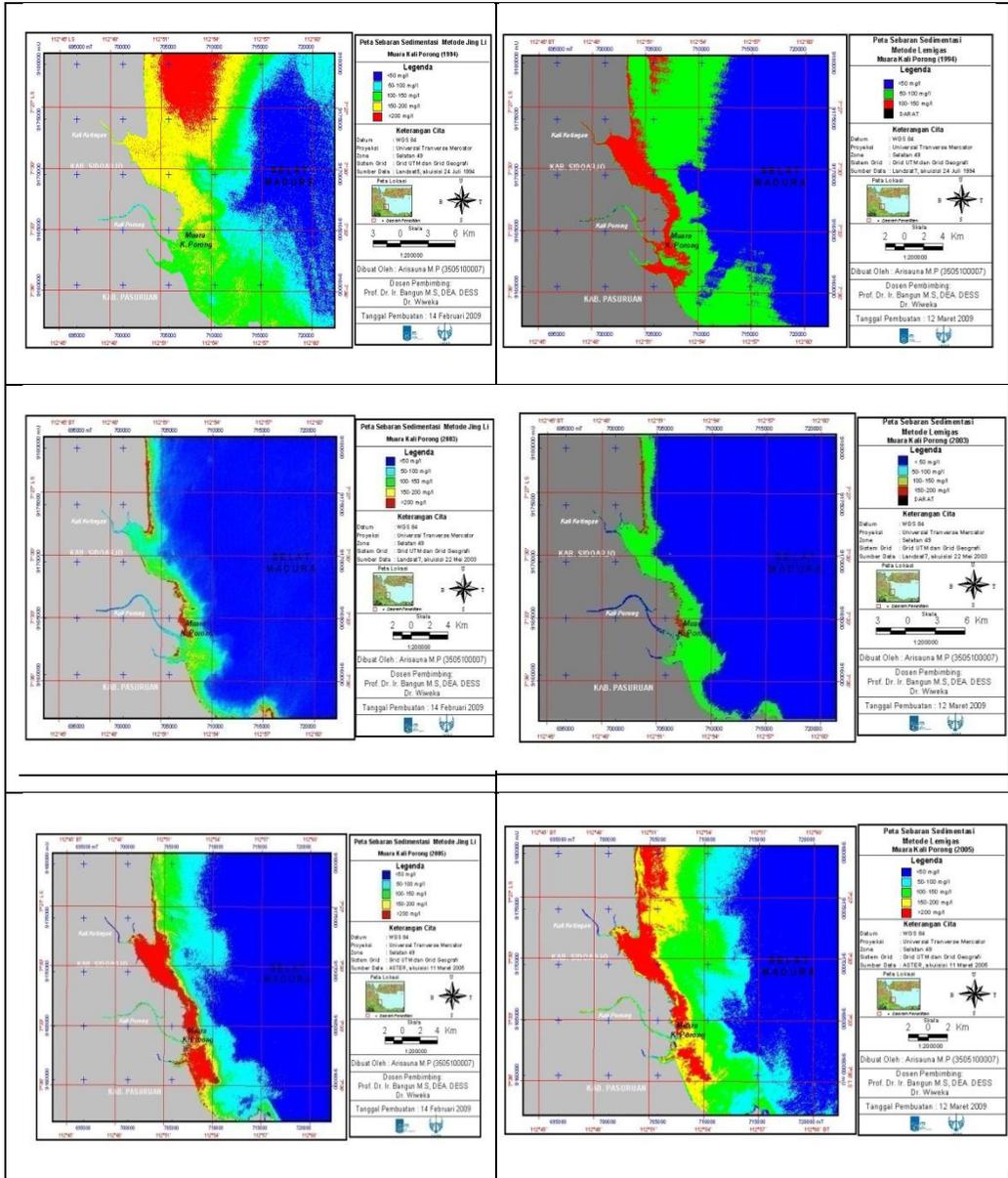
Di dalam pengolahan data sedimen sebaiknya menggunakan algoritma berbasis nilai

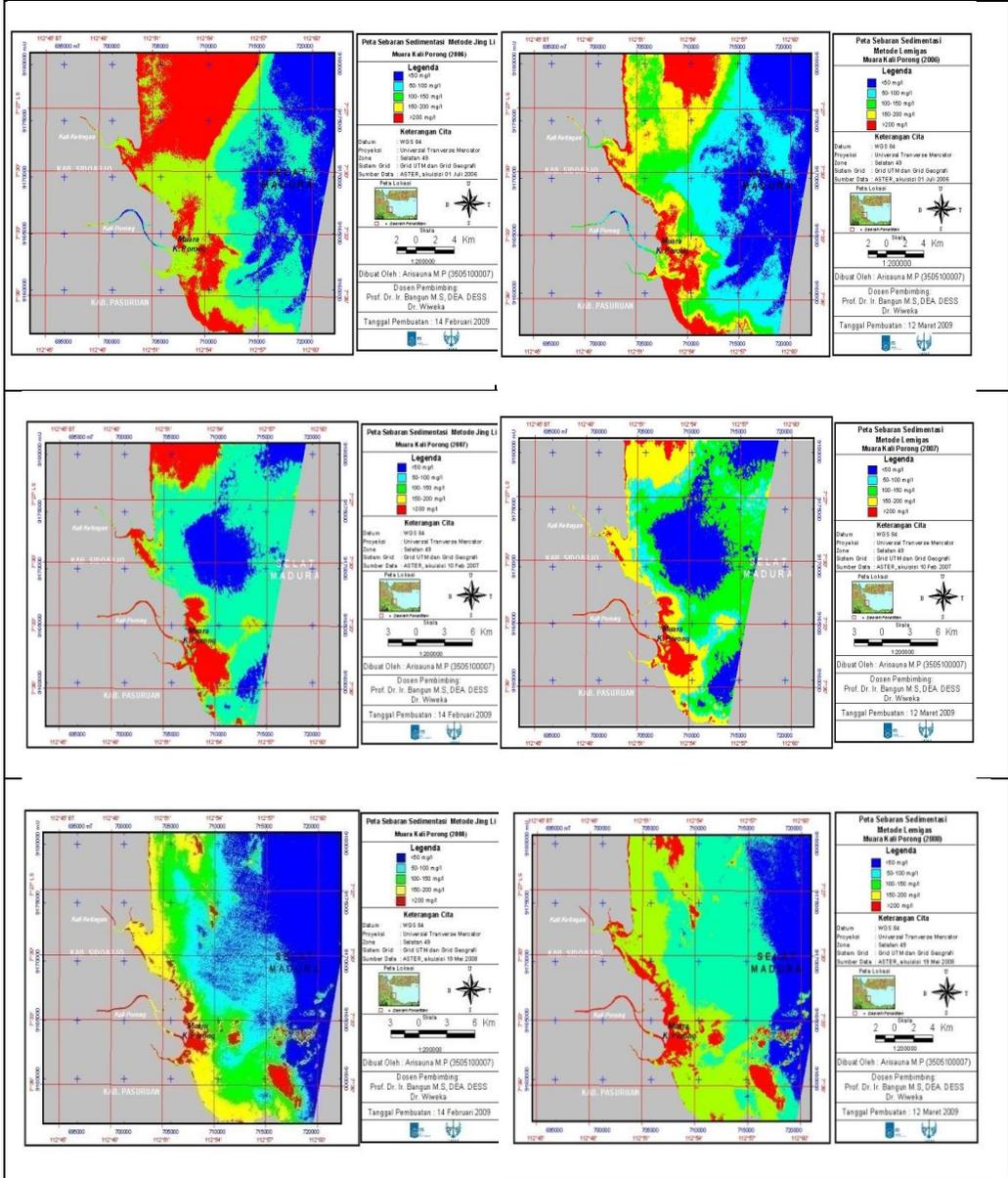
reflektansi, karena hasil statistik menyebutkan bahwa nilai algoritma ini lebih mendekati nilai sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. 2001. *Standar Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal Nasional*. JURNAL SURVEYING DAN GEODESI , Vol.XI, No.3, September 2001.
- Advend, Y.K. 2006. *Identifikasi Daerah Abrasi Dan Sedimentasi Di Pulau Bali Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Muara Perancak, Bali)*. Surabaya : Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi.
- Budhiman, S. 2004. *Mapping TSM Concentrations From Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta Indonesia*. Enschede: Msc. Thesis. ITC. Enschede, The Netherlands.
- Budhiman, S. 2005. *Pemetaan Sebaran Total Suspended Matter (Tsm) Menggunakan Data Aster Dengan Pendekatan Bio-Optical Model*. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa.
- Campbell, J.B. 1987. *Introduction to Remote Sensing*. New York-London: The Gullford Press.
- Canada Centre of Remote Sensing. 2006. *Fundamental of Remote Sensing*. Canada: CCRS/CCT
- Danoedoro, P.1996. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Darmahadi. 2006 . *Evaluasi Sedimentasi Pantai Ujung Pangkah Menggunakan Metode Interpretasi Citra Satelit Multispektral*. Surabaya: Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi.
- Hariyanto, T. 2008. *Pemetaan Semburan Lumpur Panas Lapindo*. Surabaya: Simposium Nasional Mitigasi Bencana Karena Cuaca Himpunan Mahasiswa Geomatika.
- Khomsin, dkk. 2006 . *Kajian Pola Distribusi Sedimen Tersuspensi Di Teluk Lamong Dengan Citra Satelit Multi Temporal*. Geoid Vol. 2, No 1, 2006 : 38 – 43.
- Kishino, M. 2005. *Retrieval of Chlorophyll a, suspended solids, and colored dissolved organic matter in Tokyo Bay using ASTER data*. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan.
- Lemigas. 1997. *Evaluasi Penginderaan Jauh Untuk Studi Dasar Lingkungan Wilayah Kerja Unocal Indonesia Company Kalimantan Timur*. Laporan Akhir. Pusat penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi.
- Li, J et al. 2008. *Temporal and spatial changes of suspended sediments concentration in Changjiang Estuary using Landsat TM imageries*. MOE Key laboratory of Coastal and Island Development, Nanjing University, Nanjing, P. R. China.

LAMPIRAN Hasil Algoritma Jing Li dan Lemigas tahun 1994, 2003, 2005 hingga 2008





Tabel Estimasi Sedimen Algoritma Jing Li dengan Uji Laboratorium Sampel Air Dan Sedimen

No.	Koordinat X,Y	Nilai sedimen (mg/l)			
		1994	2003	2008	2009
1	703023;9179638	112.00	278.00	98.00	172
2	703635;9173061	210.00	224.00	115.00	156
3	704370;9170182	196.00	176.00	348.00	116
4	709022;9164091	140.00	277.00	340.00	124
5	712774;9162237	91.00	65.00	72.00	52
6	712121;9167241	56.00	49.00	89.00	52
7	709273;9171434	97.00	53.00	19.00	146
8	708149;9176332	224.00	97.00	81.00	100

Tabel Estimasi Sedimen Algoritma Lemigas dengan Uji Laboratorium Sampel Air Dan Sedimen

No.	Koordinat X,Y	Nilai sedimen (mg/l)			
		1994	2003	2008	2009
1	703023;9179638	89.00	278.00	170.00	172
2	703635;9173061	110.00	240.00	164.00	156
3	704370;9170182	98.00	194.00	80.00	116
4	709022;9164091	81.00	302.00	76.00	124
5	712774;9162237	26.00	66.00	689.00	52
6	712121;9167241	6.00	53.00	193.00	52
7	709273;9171434	4.00	88.00	64.00	146
8	708149;9176332	14.00	81.00	105.00	100

LAMPIRAN Luasan Kelas Sedimen Per Tahun

Algoritma Jing Li						
Kelas (mg/l)	1994 (Ha)	2003 (Ha)	2005 (Ha)	2006 (Ha)	2007 (Ha)	2008 (Ha)
≤ 50	15998.400	37791.000	30396.516	11382.924	9744.213	27936.338
50-≤100	10875.370	3581.820	7604.437	10029.905	5734.238	9917.212
100-≤150	6182.910	2996.190	3115.201	7757.609	10228.392	4811.670
150-≤200	9089.280	707.130	1107.804	6333.900	4865.288	857.678
>200	3977.500	1814.580	2096.289	5405.629	2103.610	244.665

Algoritma Lemigas						
Kelas (mg/l)	1994 (Ha)	2003 (Ha)	2005 (Ha)	2006 (Ha)	2007 (Ha)	2008 (Ha)
≤ 50	25843.660	34128.810	21870.540	12557.548	7585.358	32586.008
50-≤100	15127.750	5053.860	7948.215	11364.741	3688.313	9805.972
100-≤150	5125.050	3435.210	8118.630	6257.501	10406.993	832.163
150-≤200	-	4268.610	4674.015	7754.172	6261.705	389.768
>200	-	-	3677.558	4971.602	1839.69	316.585